

輸配送計画システムを対象としたドメイン分析

阿部昭博[†] 島田孝徳[†] 神戸信裕[†] 小橋一夫[‡]

松下電器産業(株) マルチメディアシステム研究所[†] 松下通信工業(株) 情報システム事業部[‡]

近年、物流業務効率化の手段として輸配送計画システムの構築、導入検討を行なう企業が増えて
いる。しかし、複雑な物流システムの理解、組合せ最適化問題に対する実用的なアルゴリズム設計・
開発を必要とするため、そのシステム構築は容易ではない。我々は、輸配送計画システムを一つのド
メインと捉え、ドメインモデルを用いたシステム分析工程の効率化を目的として、ドメイン分析を行
なった。本稿では、まず、ドメイン分析の進め方について述べる。次に、得られたドメインモデルの
構成要素とその記述方法を示す。最後に、実際のシステム分析工程でドメインモデルを試用して確認
された有効性と課題を示し、ドメイン分析実施時の留意点についても考察する。

Domain Analysis for Transportation and Delivery Scheduling System

Akihiro ABE[†] Takanori SHIMADA[†]
Nobuhiro KAMBE[†] Kazuo KOBASHI[‡]

Multimedia Systems Research Laboratory, Matsushita Electric Industrial Co.,Ltd.[†]
4-5-15 Higashi-Shinagawa, Shinagawa-Ku, Tokyo 140, Japan
E-mail:{abe, shimada, kambe}@trl.mei.co.jp
Information Systems Division, Matsushita Communication Industrial Co.,Ltd.[‡]
4-3-1 Tsunashima-Higashi, Kohoku-ku, Yokohama 223, Japan

Recently needs of consumer become more and more various and they require flexible trans-
portation and delivery scheduling system, which is difficult to develop because of the complexity
of physical distribution management and the difficulty of designing practical algorithm for com-
binatorial optimization. This paper reports our study of domain analysis for transportation
and delivery scheduling system, in order to improve system analysis process. First, we define
requirements for a domain model, and show outline of five application systems in the same do-
main for domain analysis. Then, we describe the domain model structure. Finally, we discuss
the system analysis based on domain model.

1 はじめに

近年、物流業務においては、コスト削減、短納期、良質な顧客サービスへの対応が強く求められている。この背景としては、メーカー、小売、卸、運輸を問わず、価格破壊を中心とした流通の変革、顧客ニーズの多様化、不況下における物流費用の見直し、道路環境の悪化による車両稼働率の低下、多品種小口配送による配送コストの増加があげられる。これら物流業務の課題解決の手段として、効率的な輸配送ルート・スケジュールの計画、管理を行なう輸配送計画システムの構築、導入検討を行なう企業が増えている。

しかし、輸配送計画システムは、以下の理由から実用システムの構築は容易ではない。第1に複雑、多様化している物流システムを十分理解しなければならない。加えて、業務プロセスから根本的に変えるビジネスプロセスリエンジニアリング等の経営取組みが増えているため、輸配送業務プロセスの見直しまでを視野に入れたシステム企画を求められる。第2に組合せ最適化問題に対する実用的なアルゴリズムの設計・開発が必要となる。広域物流における組合せ最適化問題については、古くから理論面の研究[1][2]が盛んであるが、実用システムを構築するためには、数理的手法とAI手法[3][4]、デジタル地図[5]を組み合わせるなど、システム化の対象とする業務の特徴を十分考慮したアルゴリズム検討が不可欠[6]となる。

我々は、輸配送計画システムを一つのドメインと捉え、ドメインモデルを用いたシステム分析工程の効率化を目的として、ドメイン分析を行なった。ドメイン分析[7][8][9]は、共通分野・領域（ドメイン）に属する類似したアプリケーションシステムを分析することにより、ドメイン固有の用語、知識、問題の捉え方、システム構造、システム開発方法、ソフトウェア部品などを明らかにするプロセスである。そして、ドメイン分析の結果をいずれかの方法で記述し、再利用可能にしたものをドメインモデルと呼ぶ。ドメインモデルは、ソフトウェアの再利用に有

効であるばかりでなく、システム分析から保守まで各工程での作業効率化をもたらすと言われている。

本稿では、輸配送計画システムを対象としたドメイン分析の概要と、システム分析工程でのドメインモデルの試用について報告する。以下、2章で輸配送計画システムの概要について説明する。3章でドメイン分析の進め方を示し、4章でドメインモデルの構造について示す。最後に、ドメインモデルの評価として、システム分析工程での試用について述べる。

2 輸配送計画システム

本章では、物流システムにおける輸配送計画システムの位置付け、輸配送計画システムの概要について述べる。

輸配送計画システムは、図1に示すように物流情報システムのサブシステムとして位置付けられる。物流システム[10][11]は、企業活動における諸機能、すなわち購入・生産・販売活動にともなう物的流通を効率化するものであり、大別して物流情報システムと物流作業システムから構成される。物流情報システムは、購入・生産・販売システムと連携しながら受注から出荷までの情報処理を統合化する。物流作業システムは、輸配送、保管、荷役、包装のオペレーションに種々の技術を導入して省力化・効率化を図るとともに、企業活動の各機能間を結び付ける。輸配送は一般に、物流拠点間の運搬を「輸送」、物流拠点から需要者への運搬を「配送」と区別することが多い。

輸配送計画システムは、物流拠点をノード、輸配送路をアークとする物流ネットワーク上での効率的な輸配送ルート・スケジュール・車両割当ての計画、管理を行なう。システムの処理イメージを図2を用いて説明する。支店から本社のホストコンピュータに集められた発注データは、配送センターの輸配送計画システムに転送される。輸配送計画システムは、小売店への配送を効率良く回るための配送ルート、スケジュールを立案し、必要なトラック台数を求める。

この結果に基づいて、配車担当者は配車の指示を出す。

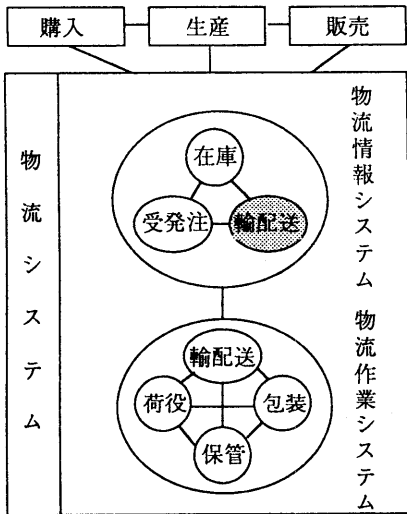


図1: 輸配送計画システムの位置付け

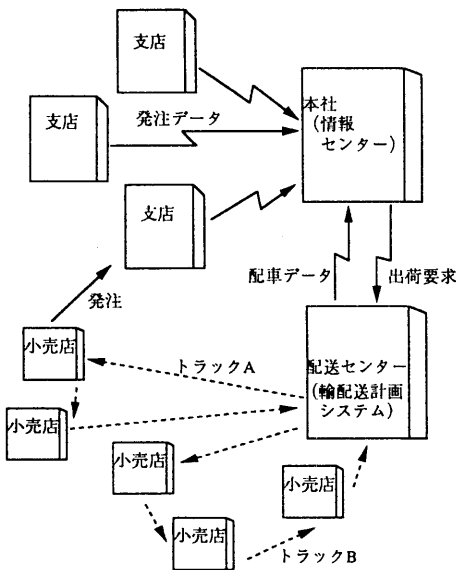


図2: 輸配送計画システムの処理イメージ

3 ドメイン分析の進め方

我々は、輸配送計画システムを一つのドメインと捉え、ドメインモデルを用いたシステム分析工程の効率化を目的として、ドメイン分析を

行なう。本章では、ドメイン分析の基本方針、ドメインモデルの要求仕様、分析対象として選択したアプリケーションシステムの概要について述べる。

3.1 分析の基本方針

輸配送計画システムを対象としたドメイン分析は、図3に示す手順で行なう。ドメイン分析に対する方針やゴールを明確にしないままアドホックに作業を行なうことは、非効率であり、失敗する可能性も高くなる。Arango[7]らによってドメイン分析の汎用的な方法論がいくつか提案されているが、その有効性はまだ十分検証されたとはいえない。そのため、本ドメイン分析では、開発事例の事前ケーススタディと、それに基づくドメインモデルの要求仕様設定を行ない、分析のゴールを明確にするというアプローチをとる。

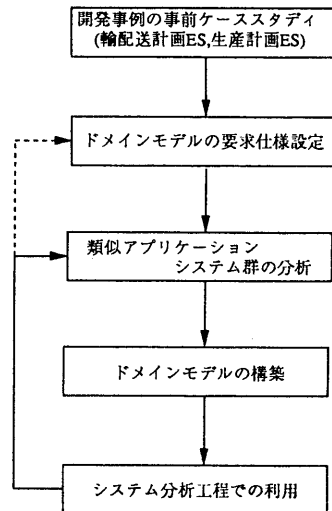


図3: ドメイン分析の手順

我々は、輸配送計画システム及び同様の組合せ最適化問題を含む生産計画システム [12] に関して、エキスパートシステム手法による多くの開発経験をもっており、それらの開発事例を事前ケーススタディの対象とする。事前ケーススタディでは、輸配送計画システム、生産計画システムから実用レベルの事例を1つずつ選び、

寺野のエキスパートシステム評価マニュアル[13]を参考にしながら、組合せ最適化問題を扱う上で必要な情報、輸配送計画システムドメインを理解する上で不可欠な情報を明確にし、ドメインモデルの要求仕様として設定する。

類似アプリケーションシステム群の分析によって得られたドメインモデルは、システム分析工程を担当するSEに利用してもらう。ドメインモデル利用の初期の時点では、ドメインモデルの要求仕様に対する見直しや追加といったフィードバックがかかる可能性がある。また、システム分析工程で扱ったアプリケーションシステムをドメインモデル拡充のための新たな分析情報として再利用することも考えられる。

3.2 ドメインモデルの要求仕様

ドメインモデルの要求仕様は、表1のように構成要素とその記述方法から成る。ドメインモデルは、問題ドメインモデル (Problem Domain Model、以下、PD モデル)、アプリケーションドメインモデル (Application Domain Model、以下、AD モデル) に分けて記述する。ドメイン分析を進めるにあたっては、アプリケーションに依存しない問題ドメインと、システム・ソフトウェアによる実現を前提とするアプリケーションドメインの違いを認識することが有効であることが知られている [7][8]。これは、輸配送業務プロセス設計とシステム仕様検討を明確に分けて議論する上でも有効であり、本ドメイン分析においても同様の視点を用いる。

ドメインモデルの構成要素に関する詳細な説明は4章にて行ない、ここでは構成要素の概要について述べる。PD モデルは、システム分析工程の中でも特に業務分析、要求分析において参照される。物流ネットワーク、物・情報の流れはドメイン全体の総合的な理解に役立つ。計画業務処理、計画作成知識、計画作成帳票は、システム化の対象とする輸配送計画業務処理の理解に役立つ。組合せ最適化問題は、輸配送計画業務処理を含む数理的な特徴を明確にする。AD モデルは、システム分析工程における仕様

定義において参照される。特に、ヒューリスティックスは、実用的な輸配送計画システムの構築技術としてエキスパートシステム手法を採る例が増えている [6] ことから、重要な構成要素の一つとして位置付ける。

表 1: ドメインモデルの要求仕様

問題ドメイン (PD) モデル	
構成要素	記述方法
物流ネットワーク	オブジェクト図
物・情報の流れ	事象トレース図、状態図
計画業務処理	データフロー図
計画作成知識	if-then ルール等
計画作成帳票	ダイアグラム等
組合せ最適化問題	数理モデル
アプリケーションドメイン (AD) モデル	
構成要素	記述方法
最適化アルゴリズム	フローチャート等
ヒューリスティックス	if-then ルール等
データベーススキーマ	オブジェクト図
ユーザインタフェース	オブジェクト図

ドメインモデルの記述は、代表的なオブジェクト指向分析手法の一つであるOMT [14]を基本としながらも、表1のように構成要素ごとに最良の記述法を選択する方法をとる。OMTは、次の3つのモデルを備え、記述力が高い点と、分析から設計、プログラミングまでの作業手順を明確にしている点が、他の手法と比べて優れている。オブジェクト指向分析手法を採用した理由は、オブジェクトに着目した自然なモデリングを実現できる、ドメインモデルの修正・拡張を容易に行なえるためである。

- オブジェクトモデル (オブジェクト間の静的関係をオブジェクト図で記述)
- 動的モデル (オブジェクト間の相互作用を事象トレース図、状態図で記述)
- 機能モデル (オブジェクトの機能とデータ交換をデータフロー図で記述)

3.3 分析対象とするアプリケーション

ドメイン分析の対象として、輸配送計画システムドメインに属するアプリケーションシステムの中から5つの類似システムを選んだ。このうち、2つのシステムに関しては、自ら開発まで手掛けている。分析の情報源としては、これらシステムに関する要求仕様書、設計書、ソースコードのほか、運輸物流担当SEへのヒアリング、学術論文、物流情報システムに関する文献等を用いた。

以下に、分析対象とするシステムの概要を示す。

- 配車計画システム

輸送ハブから複数デポまで放射状に広がる定期トラック路線を対象として、輸送便への効率的な車両割当てを決定する。輸送便の経路、スケジュールは既に人手で作成されており、車両の割当てのみをシステム化の対象とする。

- 輸送ダイアグラム作成支援システム

上記の配車計画で扱うような定期トラック路線において、輸送便のダイアグラムを作成する。ダイアグラムは、定常的な輸送需要に対して、車両の積載量、荷積・荷卸に必要な作業時間、勤務形態などの制約条件を考慮する必要がある。

- 配送経路決定システム

デポから複数荷主への配送において、車両数と効率的な配送経路を決定する。経路の決定には、デジタル道路地図を活用する。

- 輸送シミュレーションシステム

全国にまたがる広域物流ネットワーク上の集荷、輸送、配送を対象として、輸配送に関するパラメタを操作した際の輸配送状況の変化をシミュレートする。シミュレーションとしては、ある地域へ最短時間で輸送するための便乗り継ぎパターンの決定、一定時間で到達可能な物流拠点の抽出などが行なえる。

- 輸送容器回送計画システム

全国数十地点間で、空になった輸送容器の回送を効率的に行なうための回送計画を立案する。回送計画は、輸送容器の需給予測を行なった上で、回送コストをできるだけ抑えるようにトラック数、経路を決定する。

4 ドメインモデルの構造

本章では、ドメイン分析によって得られたドメインモデルの構造について、具体的な例を示しながら説明する。

4.1 PDモデル

PDモデルは、表1に示すように物流ネットワーク、物・情報の流れ、計画業務処理、計画作成知識、計画作成帳票、組合せ最適化問題の6つの構成要素から成る。

物流ネットワークは、オブジェクト図で記述する。図4のオブジェクト図は、輸配送計画システムが対象としている物流ネットワークの構成物とその物流ネットワーク上を移動する車両、荷物といった移動物に関するクラスを示している。各クラスには、物流業務に関する属性と値、操作、クラス間の関係を定義する。

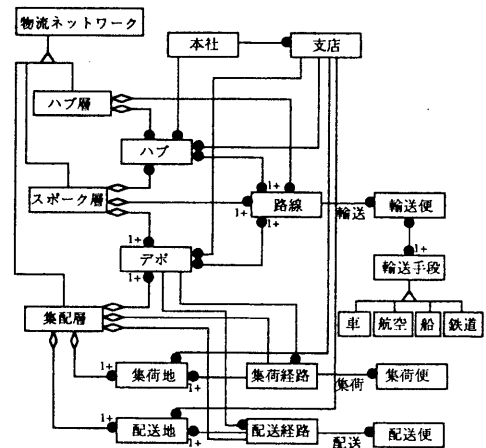


図4: オブジェクト図の例 (物流ネットワーク)

物・情報の流れは、事象トレース図と状態図で記述する。図5の事象トレース図は、配送地から支店に商品を発注し、デポから配送する際の物・情報の流れに伴う事象の一部を示している。図6の状態図は、出荷指示に伴うデポ内での各作業のタイミングを示している。

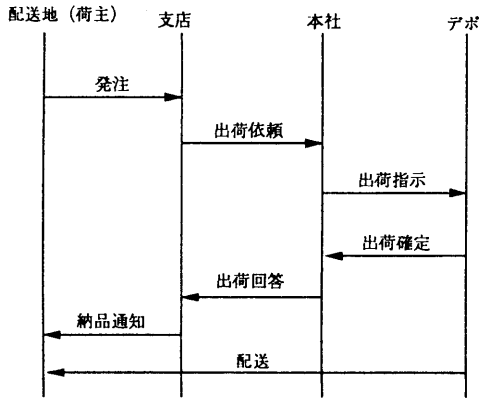


図5: 事象トレース図の例 (物・情報の流れ)

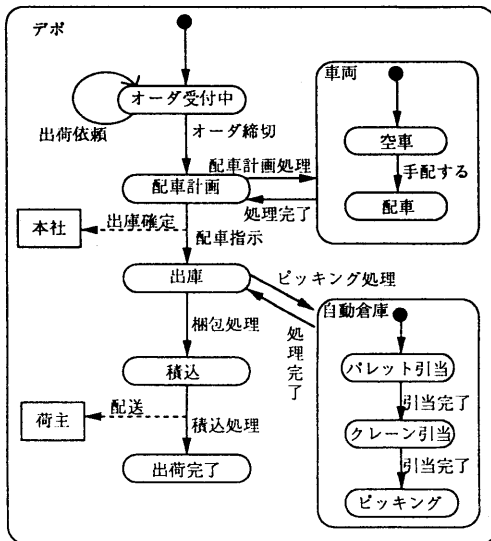


図6: 状態図の例 (物・情報の流れ)

計画業務処理は、データ入出力と処理の関係を明確にするために機能モデルで記述する。図7のデータフロー図は、人手で行なう配車計画処理で参照する情報、作成する帳票と各処理の関係を示している。

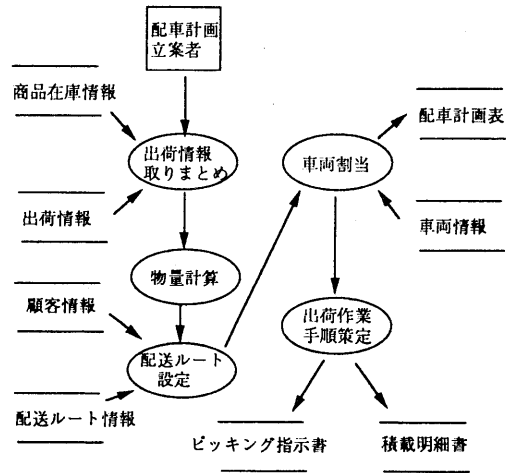


図7: データフロー図の例 (計画業務処理)

計画作成知識は、人手で計画を立案する際にデータフロー図には記載されない知識情報をルール記述で整理しておく。たとえば、

- if 積載容量の異なる車両が混在
then 容量の大きい車両から割付ける
- if 配送先に制約条件が付加されている
then 制約条件の厳しい所から割付ける

計画作成帳票は、計画業務処理で使用する様々な帳票のフォーマット、表記方法、他の帳票との参照関係を記述する。帳票としては、ダイヤグラム、ガント図、在庫変動グラフ、道路地図などが良く使われる。

輸配送計画システムで扱う広域物流の組合せ最適化問題は、経路・スケジュール決定問題と呼ばれる範疇で議論できることが知られている[2][6]。基本的に決定すべき点は経路とスケジュールである。どちらを決定するかによって、経

路探索問題、スケジュール決定問題、前記2つの混合問題の3つに大分類できる。

経路決定問題は、経路だけを決定する問題であり、車両経路決定問題 (Vehicle Routing Problem)、巡回セールスマン問題 (Traveling Salesman Problem)、郵便配達人問題 (Chinese Postman Problem) などの中分類をもつ。「配送経路決定システム」が含む問題は、このうちの車両経路決定問題に属する。

スケジュール決定問題は、大きく車両スケジューリング問題 (Vehicle Scheduling Problem) と要員スケジューリング問題 (Crew Scheduling Problem) の中分類をもつ。車両スケジューリング問題は費用を最少にする車両割り当てを求める問題で、「配車計画システム」が含む問題はこれに属する。

混合問題は、経路およびスケジュールをともに決定する問題であり、経路を決定する際に時間制約などを考慮する必要がある。中分類としては、スクールバス問題、家こみ収集問題、航空機問題などをもつ。「輸送ダイアグラム作成システム」、「輸送シミュレーションシステム」、「輸送容器回送計画システム」が含む問題は、この混合問題に属する。

上記の分類は、表2で示すパラメタ [2][6] の選択によって問題の性質が異なり、更に小分類が可能となる。

組合せ最適化問題の数理モデルによる記述は、分類された問題に対して行なう。たとえば、車両経路決定問題は次のように定式化できる [5]。

$$\begin{aligned} \min z &= \sum_{i \in N} \sum_{j \in N} c_{ij} x_{ij} \\ \text{s.t. } \sum_{j \in N} x_{ij} &= 1 \quad \forall i \in N \\ \sum_{i \in N} x_{ij} &= 1 \quad \forall j \in N \\ \sum_{i \in V} \sum_{j \in N \setminus V} x_{ij} &\geq 1 \\ &\forall V \subset N (V \neq \Phi, V \neq N) \\ x_{ij} &\in \{0, 1\} \quad \forall i, j \in N \\ c_{ij} &: \text{得意先 } i \text{ から } j \text{ へ行くのに要するコスト} \end{aligned}$$

表 2: 組合せ最適化問題のパラメタ

パラメタ	選択肢の例
物流ネットの向き	有向、無向、複合
需要点の位置	アーク上、ノード上、混在
車両出庫	1箇所、複数箇所
車両数	1台、複数台、制限なし
車両種別	同じ、異なる
車両積載量	制約あり、なし
時間制約	指定時刻あり、なし
労働協約	車両稼働時間、休憩時間
対象業務	集荷、配送、輸送、複合
評価基準	トータルコスト最少化、車両数最少化

4.2 AD モデル

AD モデルは、表1に示すように組合せ最適化アルゴリズム、ヒューリスティクス、データベーススキーマ、ユーザインタフェースの4つの構成要素から成る。

表 3: 組合せ最適化問題とそのアルゴリズム

大分類	中分類	アルゴリズム	
経路決定問題	車両経路決定問題	厳密解法	整数計画法、分岐限定法
	巡回セールスマン問題	近似解法	セービング法など
	⋮	⋮	⋮
スケジュール決定問題			
混合問題			

組合せ最適化アルゴリズムは、PD モデルの構成要素として定義した組合せ最適化問題について、利用可能なアルゴリズムを表3のような対応表で整理し、その処理手順をフローチャートで記述する。広域物流の組合せ最適化問題に関するアルゴリズムは古くから研究されており、多くのアルゴリズムが提案されている。しかし、現実のシステムで扱う問題とそれらアルゴリズム

ムの対応関係は十分整理されておらず、システム開発者にとっては対象問題に適したアルゴリズムの選択が容易ではなかった。これは、PDモデルの利用によって解決できることになる。

計画作成における立案担当者のヒューリスティックスは、知識ベースのルールとして記述する。PDモデルでの計画作成知識は、ソフトウェアとしての実装を前提としていないのに対して、ADモデルのヒューリスティックスは、知識ベースとして実装可能なレベルに整理されている点が大きく異なる。

データベーススキーマは、輸配送計画システムで参照する各種マスター情報（輸配送先情報、便情報、線路情報、車両情報、道路情報、受発注情報など）をオブジェクト図で記述する。OMTではオブジェクト図で記述したデータベーススキーマをリレーショナルモデルの第三正規形にシステマティックに変換する手順を示しており[14]、商用RDBMSへの対応も容易に行なえる。

ユーザインタフェースは、輸配送計画システムの構築、運用において必須機能となる計画の表示・編集用インタフェースの主要なウィンドウ構成をオブジェクト図で記述する。

5 評価

本章では、実際のシステム分析工程においてドメインモデルを試用評価した結果と、ドメイン分析を通じて得られた知見について述べる。

5.1 システム分析工程での試用評価

ドメインモデルの有効性と問題点を明らかにするために、輸配送計画システムのシステム分析工程においてドメインモデルを試用し、評価を行なった。このシステム分析工程は業務分析、要求分析、要求定義を含み、分析作業は運輸・物流分野の業務知識を有するSEが担当した。

分析対象とした流通業向けの配車計画システムの概要は次の通りである。

1. 4つの営業所は、小売店からの発注データ

を本社の受注データベースに登録する。

2. 本社は毎日の受注データをまとめて備車センターに送信する。
3. 備車センターは、日々の発注データ量に合わせて毎日の配車計画を立案し、配車を行なう。
4. 配車計画では、4つの営業所をデポとして、30程度の小売店に対して商品を配送するための配送ルートと、車両の割り付けを立案する。

試用したSEはシステム分析工程におけるドメインモデルの有効性を次のように評価した。

- 組合せ最適化問題に関する十分な専門知識がなくても、採用すべきアルゴリズム、実用システム構築の可否について検討することができる。
- PDモデルとADモデルに分けて記述したことにより、業務プロセス設計とシステム仕様検討を明確に区別して議論しやすい。更に業務プロセスの改善まで踏み込んだシステム提案も可能となる。
- ドメイン全体を総合的に理解でき、分析対象としている業務がどの部分のシステム化なのか把握しやすい。
- ドメインモデルをベースとして、システム分析に携わるメンバー間の分析の視点（ビュー）の違いを明らかにでき、さらにビューを合わせるのにも役立つ。
- 業務知識のない開発メンバーの教育に役立つ。

しかし、一方で、実際のシステム分析で利用してゆくために解決すべき問題点も幾つか指摘された。

- ドメインモデルが含む情報は概ねシステム分析上有用である。しかし、システム分析工程の各作業におけるドメインモデルの利

用方法が明確に定義できていないため、利用者によって解釈に差が出る恐れがある。ドメインモデルの利用方法に関するガイドラインを整備すべきである。

- ハードウェア構成に関する情報が抜けている。
- 「あるハードウェア制約、問題サイズのもとで、Aという組合せ最適化アルゴリズムはどの程度の性能が出るのか」等の性能概算見積りに関する情報もADモデルに付加したい。
- OMTの記法のなかで、事象トレース図、状態図、データフロー図については、従来から類似した記法を使用しており違和感がない。しかし、オブジェクト図については、オブジェクト指向の考え方に慣れていないと馴染みにくい。

5.2 考察

輸配送計画システムを対象としたドメイン分析を通じて得た、ドメイン分析適用上の留意点について述べる。

第1に、ドメイン分析を行なうドメインの選択においては、そのドメインに基盤のしっかりした技術分野が存在するか確認する必要がある。ドメインモデルは、リリース後もビジネス環境の変化、技術革新に対応して更新・進化を伴うが、その際に基盤のしっかりした技術分野を含まないとドメインモデルそのものが短期間で陳腐化し、モデル構築の投資コストを回収できなくなってしまふ。輸配送計画システムにおいては、組合せ最適化アルゴリズムという古くから研究されている技術分野を含んでおり、これがドメインモデルの中核を形成している。

第2に、限られた期間内でドメイン分析を効果的に実施するためには、明確なゴールを設定ができるかどうか大きな鍵を握っている。ドメイン分析の汎用的な方法論は提案されているが、各ドメインにおける効率的な分析手順までは規定していない。そのため、膨大な情報を対

象としながらアドホックに分析を進めると、作業がなかなか収束しないという事態に陥りかねない。我々は、アプリケーションシステム開発事例の事前ケーススタディによって、ドメインモデルの要求仕様を明らかにし、この問題を回避した。

第3に、ドメインモデルの質に関する議論が必要である。ドメインモデルは、ドメインに属するアプリケーションシステムを検討する際の寄り所となるため、そこに含まれる情報の質が問われることになる。従って、ドメイン分析の情報源とする類似システム事例の選択について注意を払うべきである。「質のよいシステム事例とは何か」についての定義は本稿では行なわないが、ドメイン分析に先立ち、入力とするシステム事例の評価方法を検討する必要があると考える。

6 おわりに

本稿では、輸配送計画システムを一つのドメインと捉え、5つのアプリケーションシステムを中心にドメイン分析を行ない、ドメインモデルの構造を明かにした。ドメイン分析においては、ドメインモデルの要求仕様を明確にし、それをドメイン分析のゴールとした。得られたドメインモデルの記述は、代表的なオブジェクト指向分析手法OMTを基本としながらも、構成要素ごとに最良の記述法を選択する方法を採った。

そして、実際のシステム分析工程においてドメインモデルを試用し、その有効性と幾つかの課題を確認した。さらに、本ドメイン分析を通して得た知見から、ドメイン分析適用時の留意点について考察した。

今後は、システム分析工程への適用事例を増やししながら、ドメインモデルの拡充とドメインモデル利用のガイドラインを整備してゆく予定である。また、APモデルについては、ソフトウェア部品としての実装を進め、開発作業の効率化も図ってゆきたい。

謝辞

本研究を進めるにあたり、指導して頂いた松下電器産業株式会社マルチメディアシステム研究所の中野チームリーダー、輸配送計画システムの検討に協力して頂いた松下情報システム株式会社の潮技師に感謝致します。

参考文献

- [1] 今野、鈴木: 整数計画法と組合せ最適化, 日科技連, 1982.
- [2] L.Bodin, B.Golden, A.Assad and M.Ball: Routing and Scheduling of Vehicles and Crews, *Comput. & Ops. Res.*, Vol.10, No.2, pp.63-211, 1983.
- [3] 安部、築山: ロジスティックにおける輸送計画手法, 計測自動制御学会論文集, Vol.26, No.12, pp.87-94, 1990.
- [4] S.J.Noronha and V.V.S.Sarma: Knowledge-Based Approaches for Scheduling Problem: A Survey, *IEEE Transaction on Knowledge and Data Engineering*, Vol.3, No.2, pp.160-171, 1991.
- [5] 山口: 配送スケジューリングシステムの開発, *オペレーションズリサーチ*, Vol.39, No.3, pp.125-130, 1994.
- [6] 宝崎、藤井: 物流システムにおけるスケジューリング, *システム / 制御 / 情報*, Vol.37, No.6, pp.344-349, 1993.
- [7] R.Prieto-Diaz and G.Arango: Domain Analysis and Software Systems Modeling, *IEEE*, 1991.
- [8] 田村、伊藤、杵嶋: ドメイン分析・モデリング技術の現状と課題, *情報処理*, Vol.35, No.10, pp.952-961, 1994.
- [9] 伊藤他, 特集: ドメイン分析・モデリング, *情報処理学会ソフトウェア工学研究会研究報告*, 95-SE-103, 1995.
- [10] 日通総合研究所編: 物流の知識, 東洋経済新報社, 1994.
- [11] 唐澤、今野: 物流情報システムの設計, 白桃書房, 1992.
- [12] A.Abe, A.Nagai, M.Ishiguro, T.Maeda and G.Nakano: I-CAPE: An Expert System for Planning in a Plastic Molding Plant, *Japan-U.S.A. Symposium of Flexible Automation*, pp.1465-1472, 1992.
- [13] 寺野: エキスパートシステム評価マニュアル, オーム社, 1992.
- [14] J.Rumbaugh, M.Blaha, W.Premmerlani, F.Eddy and W.Lorensen: *Object-Oriented Modeling and Design*, Prentice Hall, 1991.
- [15] 阿部、島田、神戸、小橋: 輸配送計画システムを対象としたドメイン分析の試み, 第51回情報処大全, 5M-7, 1995.